

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-76332
(P2001-76332A)

(43) 公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B	5/673 5/667	G 1 1 B	5 D 0 0 6
		5/673 5/667	

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-249186

(22) 出願日 平成11年9月2日 (1999.9.2)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 享保 昌則

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(72) 発明者 道嶋 正司

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

(74) 代理人 100080034

弁理士 原 謙三

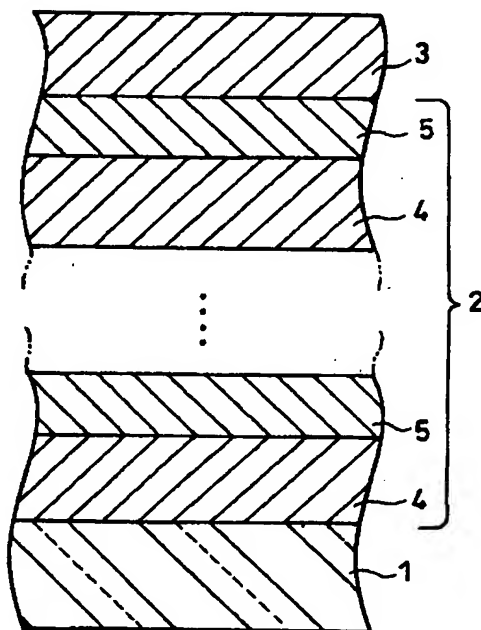
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 熱擾乱の影響が小さく、さらに従来の磁気記録材料の記録密度の限界を越える垂直磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 基板1と、該基板1上に設けられ、N d、P r、C e、およびS mの希土類元素のうち少なくとも一元素を含み、且つC oおよびF eの遷移元素のうち少なくとも一元素を含む希土類-遷移金属非晶質膜からなる第1の磁性層4、およびP tおよびP dのうち少なくとも一元素を含む中間膜5を複数回積層させた積層膜2とが設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と、

上記基板上に設けられ、Nd、Pr、Ce、およびSmの希土類元素のうち少なくとも一元素を含み、且つCoおよびFeの遷移元素のうち少なくとも一元素を含む希土類-遷移金属非晶質膜からなる第1の磁性層、およびPtおよびPdのうち少なくとも一元素を含む中間膜を、複数回積層させた積層膜とを備えたことを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項2】上記中間膜の膜厚が、6 Å以下であることを特徴とする請求項1に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項3】上記第1の磁性層が、Pr-Co合金にTbを添加した希土類-遷移金属非晶質膜からなることを特徴とする請求項1または2に記載の垂直磁気記録媒体。

【請求項4】上記基板と上記積層膜との間に、軟磁性層が設けられていることを特徴とする請求項1ないし3の何れか一つに記載の垂直磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録に用いられる、垂直磁気異方性を有する垂直磁気記録媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスクなどの磁気記録媒体に対する高密度、高記憶容量化の要求が強くなっている。記録密度の向上に伴い、記録ビットが微細化して薄膜磁気記録媒体を構成する結晶粒の寸法に近づくため、各結晶粒が単磁区的に振る舞う程度に結晶粒間の磁気的分離を促進させる必要がある。さらに、1ビットに含まれる結晶粒の数が減少するとノイズが増えるため、記録密度の向上に伴い結晶粒径も低減する必要がある。しかしながら、結晶粒が微細化しすぎると、熱揺らぎによる磁化の不安定性を招くことになる。

【0003】上述したような記録磁化の熱的安定性について、マイクロマグネティックス・モデルに基づいて計算機シミュレーションで検討した結果が報告されている（「垂直記録媒体、長手記録媒体の熱揺らぎのモンテカルロシミュレーション」上坂保太郎他、信学技報，MR96-37，1996-11）。本報告によると、面内磁気記録（長手磁気記録）、垂直磁気記録のいずれの記録方式でも、熱的安定性の指標 $K_u V / k T$ が100以下となると記録磁化の減少が起こる。ここで、 K_u は磁気異方性エネルギー、 V は磁化が反転する単位となる活性化体積、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度である。上記文献によると、熱揺らぎによる記録磁化の劣化に対しては、面内磁気記録媒体よりも、媒体膜厚を大きくとれる垂直磁気記録媒体の方が有利であると予想されている。

【0004】また、上記の結果に基づいて、文献「「M

Rヘッドと単層垂直媒体を用いた高密度磁気記録」二本正昭他、日本応用磁気学会誌 Vol. 21, No. 6, pp950-958, 1997」には、Co-Cr-Pt合金およびCo-Cr-Pt-Ta合金の垂直磁気記録媒体について、記録密度特性や媒体ノイズ特性等の検討結果が報告されている。上記文献によると、記録密度が30~40 Gb/in²である記録媒体において、熱的安定性の指標 $K_u V / k T$ の値は、面内磁気記録媒体が40程度であるのに対して、垂直磁気記録媒体では130程度と増加している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、記録磁化の減少が起こる熱的安定性の指標 $K_u V / k T$ の臨界値が100であることを考慮すると、垂直磁気記録媒体に対しても更なる改善が必要であると考えられる。

【0006】また、結晶質材料からなる従来の磁気記録媒体の熱的安定性の指標 $K_u V / k T$ の値を求める際に、 K_u の値は単結晶磁性薄膜を用いて実験により決定された値が使用されている。しかし、活性化体積 V については結晶粒径と媒体の膜厚とから推定した値が使用されていることから、上記の熱的安定性の指標 $K_u V / k T$ の値の信頼性も不十分と考えられる。

【0007】また、面内磁気記録媒体および垂直磁気記録媒体のいずれにおいても、結晶質材料が用いられている限り、媒体ノイズを低下させるために結晶粒径を低減させると熱揺らぎの影響が増加するという問題は、本質的に回避することが困難である。

【0008】そこで、上記のような問題に対し、結晶質材料を用いない、非晶質の垂直磁気記録媒体が考えられる。一般的には、非晶質の合金からなる垂直磁気記録媒体として、光磁気記録媒体がよく知られている。しかしながら、光磁気記録媒体には重希土類金属と3d遷移金属との非晶質合金が用いられており、室温付近に補償温度を調整して保磁力を発散させて記録を保持している。そのため、室温では重希土類金属と3d遷移金属との磁気モーメントが打ち消しあうので飽和磁化は小さくなり、磁気ヘッドで記録再生する磁気記録媒体として使用することができない。

【0009】一方、軽希土類金属と3d遷移金属との合金は、磁気モーメントが平行に結合するため大きな飽和磁化を得ることができる。このような例として、特開平5-54358号公報の実施例に、Nd₁₅Co₈₅を用いた非晶質合金膜（Ndを15原子パーセント含むCo合金膜）を用いた磁気記録媒体が報告されている。このような合金膜を使用すれば、媒体ノイズが低下することは報告されている。しかしながら、上記公報には、熱揺らぎの影響については何も記載されていない。また、上記公報には明確な記載はないものの、記載されている媒体ノイズの原因、および上記合金膜の合金組成から、垂直磁気記録媒体ではなく面内磁気記録媒体と推測される。

【0010】さらに、軽希土類金属と3d遷移金属との合金からなる、非晶質の垂直磁気記録媒体として、Pr-Co合金を用いた垂直磁気記録媒体の例が報告されている（「MAGNETIZATION, CURIE TEMPERATURE AND PERPENDICULAR MAGNETIC ANISOTROPY OF EVAPORATED Fe-RARE EARTH AMORPHOUS ALLOY FILMS」M. TAKAHASHI et al. J. MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS Vol. 75 pp243-251 1988）。しかしながら、上記のPr-Co合金について、本発明者らが実際に磁気記録媒体を作成して、その特性を測定したところ、非晶質で、且つ垂直磁気異方性を示す全組成領域において、保磁力は約2000eと小さく、磁気記録媒体として使用することができなかった。

【0011】本発明は上記の問題点を鑑みてなされたもので、外部磁界を加えることにより磁性体に記録を行い、残留した磁化より発生する磁界を検知して再生信号を得る磁気記録において、熱擾乱の影響が小さく、且つ従来の磁気記録材料の記録密度の限界を越えることを可能にする垂直磁気記録媒体を提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明の垂直磁気記録媒体は、基板と、上記基板上に設けられ、Nd、Pr、Ce、およびSmの希土類元素のうち少なくとも一元素を含み、且つCoおよびFeの遷移元素のうち少なくとも一元素を含む希土類-遷移金属非晶質膜からなる第1の磁性層、およびPtおよびPdのうち少なくとも一元素を含む中間膜を、複数回積層させた積層膜とを備えたことを特徴としている。

【0013】上記の構成によれば、上記第1の磁性層は非晶質合金からなるため、結晶粒は存在しない。従って、磁気記録媒体の熱的安定性の指標を求める際に用いられる活性化体積が、結晶粒径に支配されることはない。

【0014】ここで、上記活性化体積とは、磁化が反転する単位となる磁性粒子の体積のことで、結晶質材料である場合は結晶の粒径に比例する。一般的に、熱的安定性の指標は上記活性化体積に比例するため、磁気記録媒体の活性化体積が小さくなれば熱的安定性の指標も小さくなり、該磁気記録媒体は熱揺らぎの影響を受けやすくなる。磁気記録媒体に結晶質材料を用いる場合は、記録密度の向上に伴い結晶粒径を小さくしなければならないため、結果的に活性化体積も小さくなり、それゆえ熱的安定性の指標が低下して熱揺らぎの影響を受けやすくなる。

【0015】これに対して、上述したように、本発明の垂直磁気記録媒体では、第1の磁性層に結晶粒が存在しないので、記録密度の向上に伴い活性化体積が小さくなることはない。従って、記録密度を向上させながらも活性化体積を大きく保つことができるので、従来の結晶質

材料が用いられる垂直磁気記録媒体と比較して、熱揺らぎの影響を受けにくい。それゆえ、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、記録された磁化の時間的減衰が少なく、長時間安定して記録を保存することができる。また、磁化遷移領域に結晶粒がないので、結晶粒間の交換相互作用に起因する磁化の揺らぎも生じず、媒体ノイズもさらに低減することができる。

【0016】さらに、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、一般的に軽希土類金属といわれているNd、Pr、Ce、およびSmのうち少なくとも一元素を含み、且つ3d遷移金属であるCoおよびFeのうち少なくとも一元素を含む非晶質の合金からなる第1の磁性層と、PrおよびPdの少なくとも一元素を含む中間膜とを、順に複数回積層させることにより構成されている。

【0017】一般的に、上記したような軽希土類金属と3d遷移金属との合金は、磁気モーメントが平行に結合するため大きな飽和磁化が得られるが、反磁界が大きいため垂直磁気記録媒体になり難い、すなわち垂直方向の保磁力が小さいため、垂直磁気記録媒体としての使用が困難である。しかし、本発明のように、このような軽希土類金属と3d遷移金属との合金からなる第1の磁性層を、中間膜とともに順に複数回積層させることで、第1の磁性層と中間膜との界面数の増加により誘起される界面異方性が増大して、結果的に積層膜の垂直磁気異方性が増大することとなる。このような垂直磁気異方性の増大に起因して、垂直方向の保磁力が増大する。

【0018】これにより、記録媒体の高飽和磁化および垂直方向の高保磁力を同時に実現して、熱揺らぎや磁化の揺らぎの影響が小さく、信頼性の低下が抑制された、高密度磁気記録が可能な垂直磁気記録媒体を実現することができる。

【0019】さらに、本発明の垂直磁気記録媒体は、上記の課題を解決するために、上記の構成において、上記中間膜の膜厚が、6Å以下であることが好ましい。

【0020】上記中間膜の膜厚を6Å以上とすると、第1磁性層および中間膜が積層された積層膜における垂直方向の保磁力が減少し、垂直磁気記録媒体としての使用が困難となってしまうことが、実験的に明らかとなっている。従って、上記した本発明の構成のように、中間膜の膜厚を6Å以下とすることにより、垂直方向の高保磁力を確実に実現することができる。

【0021】これにより、熱揺らぎや磁化の揺らぎの影響が小さく、信頼性の低下が抑制された、高密度磁気記録が可能な垂直磁気記録媒体を確実に実現することができる。

【0022】さらに、本発明の垂直磁気記録媒体は、上記の課題を解決するために、上記の構成において、上記第1の磁性層が、Pr-Co合金にTbを添加した希土類-遷移金属非晶質膜からなることが好ましい。

【0023】上記の構成によれば、Pr-Co合金にT

bを添加することにより、単層膜において、Pr-Co合金よりも、大きい垂直方向の保磁力を得ることができる。さらに、上述したように、Pr-CoにTbを添加した合金の場合も、中間膜と複数回積層させることで、積層回数の増加に伴い垂直磁気異方性が増加して、垂直方向の保磁力がさらに増大することになる。但し、上記のようなPr-Co合金にTbを添加した合金の場合、垂直方向の保磁力は膜厚に依存することが実験により分かっている。そこで、上記合金膜が垂直方向の高保磁力を実現できる程度の膜厚となるように、積層回数を設定することが好ましい。例えば、Pr-Tb-Co合金としてPr₇Tb₁₀Co₈₃を用い、さらに、上記第1の磁性層および中間膜からなる積層膜全体の厚さを約600Åとし、且つ中間膜を約6Å一定とする場合、Pr₇Tb₁₀Co₈₃合金の垂直方向の保持力が膜厚300Å付近で極大値をとることから、積層回数は2〜3回が適当である。

【0024】これにより、垂直方向の更なる高保磁力を実現して、熱揺らぎや磁化の揺らぎの影響が小さく、信頼性の低下が抑制された、高密度磁気記録が可能な垂直磁気記録媒体を確実に実現することができる。

【0025】さらに、本発明の垂直磁気記録媒体は、上記の課題を解決するために、上記の構成において、上記基板と上記積層膜との間に、軟磁性層が設けられている構成とすることも可能である。

【0026】上記の構成によれば、磁気ヘッドが垂直磁気記録媒体に対して基板と反対側に配置されると、磁気ヘッドと軟磁性層とが、第1磁性層と中間膜とからなる積層膜を挟み込むことになる。このように設けられた軟磁性層は、磁気ヘッドによる記録層（本発明においては、積層膜に相当する。）への磁化形成を助ける働きをする。

【0027】上記のような軟磁性層の働きについて具体的に説明すれば、次のとおりである。一般に、面内磁気記録媒体用に用いられているリング型磁気ヘッドを用いて垂直磁気記録媒体に記録を行うと、リング型磁気ヘッドから出た磁束が記録層の深部に届きにくく、斜め方向の磁束で該記録層を磁化することになり、その結果、雑音が多くなる可能性がある。そこで、一般的に保持力が小さいとされる軟磁性層を上記のように設けることにより、リング型磁気ヘッドの一方の磁極を出た磁束の一部が上記軟磁性層を通り、上記リング型磁気ヘッドの他方の磁極が、軟磁性層を通ってきた磁束を上記垂直磁気記録媒体に対してほぼ垂直な方向で受け取ることができる。よって、記録層に急峻な磁化が与えられることになる。

【0028】また、上記のように設けられた軟磁性層は、2つめの磁極の役割を果たすので、単磁極ヘッドを用いて記録を行うことも可能となる。該単磁極ヘッドは、トラック方向の磁界の漏れがリング型磁気ヘッドよ

りも少ないためにトラックピッチを少なくでき、リング型磁気ヘッドと比較すると記録密度をより高めることができる磁気ヘッドである。

【0029】これにより、面内磁気記録媒体用の磁気ヘッドとして用いられているリング型磁気ヘッドを用いて垂直方向に急峻な記録を行うことや、また、単磁極ヘッドを用いて更なる高密度記録を達成することが可能となる。

【0030】

【発明の実施の形態】〔実施の形態1〕本発明の第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体について、図1に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【0031】図1は、本実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の構成を示す断面図である。該垂直磁気記録媒体は、基板1上に、多層膜（積層膜）2および保護膜3がこの順に積層されることにより構成されている。さらに、上記多層膜2は、第1の磁性層4と中間膜5とが順に複数回積層されて形成されている。

【0032】上記基板1としては、ガラス、アルミ合金、セラミックス、プラスチック等からなる基板、あるいは、これらの基板に表面化処理を施した基板等が使用される。また、上記基板1には、ガラス基板のようにリジッドな基板のみならず、フレキシブルな基板を使用することも可能である。

【0033】上記多層膜2を構成している第1の磁性層4は、軽希土類金属であるNd（ネオジウム）、Pr（プラセオジウム）、Ce（セリウム）、およびSm（サマリウム）のうち少なくとも一元素を含み、且つ遷移金属として3d遷移金属のCo（コバルト）およびFe（鉄）の少なくとも一元素を含む、希土類-遷移金属非晶質膜により形成されている。また、上記多層膜2を構成している中間膜5は、Pt（白金）およびPd（パラジウム）の少なくとも一方を含んでおり、非晶質膜であっても結晶質膜であってもよい。

【0034】上記保護膜3は、Ta（タンタル）膜、または炭素、アルミナ等の他の無機材料からなる膜により形成されている。

【0035】一般に、上記第1の磁性層4に用いられているような、軽希土類金属と3d遷移金属とを含む非晶質の合金の場合、大きな飽和磁化Msが得られるが、反磁界が大きいと垂直磁気記録媒体になりにくい。すなわち、面内磁化膜であるので、磁化容易方向は面内方向となり、垂直方向の保磁力Hc_⊥は小さく、垂直磁気記録媒体としての使用は困難である。つまり、飽和磁化Msは大きいと十分な垂直方向の保磁力Hc_⊥を有しない。

【0036】そこで、本実施の形態における多層膜2のように、上記のような第1の磁性層4と中間膜5とを複数回積層させて積層構造とすることにより、多層膜2において第1の磁性層4と中間膜5との界面数が増加す

る。このような界面数の増加により誘起される界面異方性が増大し、多層膜2の垂直磁気異方性 K_{\perp} が増大する。このような垂直磁気異方性 K_{\perp} の増大に起因して、垂直方向の保磁力 $H_{c\perp}$ が増大する。

【0037】従って、大きな飽和磁化 M_s と、磁気ヘッドによる記録再生が可能な程度の垂直方向の保磁力 $H_{c\perp}$ とを共に実現して、磁気記録が可能な垂直磁気記録媒体を得ることができる。これにより、熱揺らぎの影響が小さく、信頼性の高い、高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体を実現することができる。

【0038】なお、垂直磁気記録に必要な垂直方向の保磁力 $H_{c\perp}$ についての明確な指標はないが、現在の記録密度の向上から考えると、例えば記録密度30～40 Gb/in²を目標とした場合、保磁力 $H_{c\perp}$ として1000 Oe程度が必要であろうと想定される。

【0039】また、上記保護膜3上に、潤滑層を形成することも可能である。さらに、基板1と多層膜2との間に酸化防止層等を追加することも可能である。

【0040】〔実施の形態2〕本発明の第2の実施の形態について、図2に基づいて説明すれば、以下のとおりである。尚、説明の便宜上、前記した実施の形態1で説明した構成と同一の構成については同じ参照番号を付記し、その説明を省略する。

【0041】本実施の形態に係る垂直磁気記録媒体は、図2に示すように、基板1と多層膜2との間に第2の磁性層（軟磁性層）6が設けられており、その他の構成は前記した実施の形態1の垂直磁気記録媒体の構成と同じである。

【0042】上記第2の磁性層6は、Ni-Fe合金膜（ニッケル-鉄）合金膜、Co-Fe（コバルト-鉄）合金膜、Fe-Al-Si（鉄-アルミニウム-ケイ素）合金膜、Co-Zr-Nb（コバルト-ジルコニウム-ニオブ）合金膜等からなる軟磁性層である。すなわち、記録を行う際に、第2の磁性層6と磁気ヘッドとで、垂直磁気記録媒体の記録層である多層膜2を挟み込むことになる。

【0043】一般に面内磁気記録媒体に用いられているリング型磁気ヘッドを用いて垂直磁気記録媒体に記録を行うと、リング型磁気ヘッドからの磁束が記録層（本実施の形態においては、多層膜2）の深部に届きにくく、斜め方向の磁束で記録層を磁化することになり、雑音が多くなる可能性がある。

【0044】これに対して、本実施の形態に係る垂直磁気記録媒体は、上記のように第2の磁性層6として、保持力が小さいとされる軟磁性層を設けることにより、リング型磁気ヘッドの一方の磁極を出た磁束の一部が該軟磁性層を通り、リング型磁気ヘッドのもう一方の磁極が、軟磁性層を通ってきた磁束を上記垂直磁気記録媒体に対してほぼ垂直な方向で受け取ることができる。

【0045】これにより、記録の際にリング型磁気ヘッ

ドを用いた場合であっても、記録層に急峻な磁化を与えて急峻な記録を行うことができる。

【0046】また、上記のように設けられた第2の磁性層6は、2つめの磁極の役割を果たすので、単磁極ヘッドを用いた記録を行うことができる。上記したリング型磁気ヘッドよりも、単磁極ヘッドの方が垂直磁気記録に適している。該単磁極ヘッドを用いることにより、トラック方向の磁界の漏れが少ないためにトラックピッチを少なくでき、さらに記録密度を高めることができる。

【0047】以上のように、第2の磁性層6を、基板1と多層膜2との間に設けることにより、面内磁気記録媒体用の磁気ヘッドとして用いられているリング型磁気ヘッドを用いて垂直方向に急峻な記録を行うことや、単磁極ヘッドを用いて更なる高密度記録を達成することが可能となる。

【0048】なお、上記第2の磁性層6の厚みは、該第2の磁性層6自身の飽和磁化 M_s によって異なる。実験においては、例えば、NiFe（ $M_s = 600 \text{ emu/cc}$ ）ならば1000 Å程度、CoZrNb（ $M_s = 1100 \text{ emu/cc}$ ）ならば500～600 Å程度のものが用いられている。

【0049】

【実施例】次に、本発明に係る垂直磁気記録媒体について、具体的に説明する。

【0050】〔実施例1〕本発明に係る第1の実施例について、図1、および図3ないし図6に基づいて説明すれば、以下のとおりである。尚、本実施例は、上述した実施の形態1の、図1に示されている垂直磁気記録媒体をより具体的に説明したものである。

【0051】図1に示した垂直磁気記録媒体において、基板1には、ガラス基板（コーニング社製：#7622）が用いられている。また、多層膜2を構成している第1の磁性層4は、希土類-遷移金属非晶質膜であるPr-Co（プラセオジウム-コバルト）合金膜からなり、組成はPr₂₂Co₇₈である。同じく上記多層膜2を構成している上記中間膜5は、Pt膜からなる。本実施の形態において用いられるPt膜は、X線回折による構造解析によって、非晶質膜であることが確認されている。また、上記保護膜3は、Ta膜から形成されている。

【0052】次に、第1の磁性層4であるPr-Co合金膜、中間膜5であるPt膜、および保護膜3であるTa膜の成膜方法と成膜条件とについて説明する。

【0053】基板1としてガラス基板を用い、 $3 \times 10^{-7} \text{ Torr}$ 以下まで排気後、同一真空中で多層膜2と保護膜3とを順に形成する。このとき、前記多層膜2の第1の磁性層4となるPr-Co合金膜の形成には、Coターゲット上にPrのペレットを配置した複合ターゲットが用いられる。成膜方法としてはいずれもDCマグネトロンスパッタ法を用い、Ar（アルゴン）ガス圧＝5 mTorr一定として、Pr-Co合金膜はPower

$=620\text{ mW/cm}^2$ 、Ta膜はPower $=86\text{ mW/cm}^2$ の成膜条件で形成する。

【0054】上記多層膜2に用いられる各積層構造が、以下の表1に示されている。この表によれば、Pt膜の膜厚は6Å一定とし、多層膜2全体の膜厚がその積層構

造によらずに約600Å一定となるように、Pr-Co合金膜の一膜の厚さが設定される。また、保護膜3となるTa膜の膜厚は100Åである。

【0055】

【表1】

積層回数	PrCo膜厚(Å)	Pt膜厚(Å)
単層	600	0
2	300	6
3	200	6
4	150	6
6	100	6

【0056】次に、上記多層膜2において、飽和磁化Msおよび垂直方向の保磁力Hc \perp の積層回数依存性を図3に示し、垂直磁気異方性K \perp の積層回数依存性を図4に示す。また、比較のために、Pr-Co合金単層膜の飽和磁化Msおよび垂直方向の保磁力Hc \perp の積層回数依存性を図5に示し、Pr-Co合金単層膜の垂直磁気異方性K \perp の積層回数依存性を図6に示している。

【0057】図5に示されているように、Pr-Co合金単層膜では、膜厚100Åから600Å程度において、飽和磁化Msおよび垂直方向の保磁力Hc \perp の値はほぼ一定である。該Pr-Co合金単層膜の飽和磁化Msの値は約800emu/ccであるため、磁気ヘッドでの記録が充分可能である。しかし、垂直方向の保磁力Hc \perp は約200Oeと小さいため、垂直磁気記録媒体として使用することは困難である。

【0058】一方、Pr-Co合金膜とPt膜とからなる多層膜2の場合は、図3に示されているように、積層回数が2回以上で垂直方向の保磁力Hc \perp は約400Oe程度となり、Pr-Co合金単層膜の場合よりも増大している。この現象は、図4と図6とを比較すれば分かるように、Pr-Co合金単層膜よりも、多層膜2の方が、垂直磁気異方性K \perp が増大していることに起因していると考えられる。また、図4に示されているように、積層回数が増加するに伴い、垂直磁気異方性K \perp が増加していることから、このような垂直磁気異方性K \perp の増大は、積層回数の増加に伴うPr-Co合金膜とPt膜との界面数の増加により、界面異方性の増大が誘起されるためであると考えられる。

【0059】また、図3と図5とを比較すると、飽和磁化Msは、積層構造であっても単層構造であってもほとんど変化しないことがわかる。

【0060】実施の形態1でも述べたように、一般に、Prのような軽希土類金属とCoのような3d遷移金属とを含む非晶質の合金の場合、大きな飽和磁化Msは得られるが、反磁界が大きい垂直磁気記録媒体になりにくい。すなわち、面内磁化膜であるので、磁化容易方向は面内方向となり、垂直方向の保磁力Hc \perp は小さく、垂直磁気記録媒体としての使用は困難である。

【0061】これに対し、本実施の形態のように、Pr-Co合金膜とPt膜とからなる層を積層化させることにより、他の特性（飽和磁化Ms等）を低下させることなく、垂直方向の保磁力Hc \perp を増大させることができる。従って、高飽和磁化および垂直方向の高保磁力を得て、磁気ヘッドによる記録再生が可能な垂直磁気記録媒体を実現することができる。これにより、熱揺らぎの影響が小さく、信頼性の高い、高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体を実現することが可能となる。

【0062】【実施例2】本発明の第2の実施例について、図1、および図7ないし図10に基づいて説明すれば、以下のとおりである。尚、本実施例は、上述した実施の形態1の、図1に示されている垂直磁気記録媒体をより具体的に説明したものである。

【0063】本実施例に係る垂直磁気記録媒体は、第1の磁性層4として、Pr-Co合金膜にTb（テルビウム）を添加したPr-Tb-Co合金膜を使用していること以外は、前記した実施例1に係る垂直磁気記録媒体と同様の構成である。

【0064】本実施例において、第1の磁性層4として使用されるPr-Tb-Co合金膜の組成は、Pr₇Tb₁₀Co₈₃である。該Pr-Tb-Co合金膜は、Coターゲット上にPrおよびTbのペレットを配置した複合ターゲットを用いて作成される。

【0065】また、実施例1の場合と同様に、中間膜5には膜厚が6Å一定のPt膜が使用されており、そして、多層膜2全体の膜厚が約600Å一定となるように、第1の磁性層4の一層あたりの膜厚が設定される（実施例1の表1参照）。

【0066】次に、上記多層膜2における飽和磁化Msおよび垂直方向の保持力Hc \perp の積層回数依存性を、図7に示す。さらに、上記多層膜2における垂直磁気異方性K \perp の積層回数依存性を、図8に示す。

【0067】また、比較のため、図9には、Pr-Tb-Co合金単層膜における飽和磁化Msおよび垂直方向の保持力Hc \perp の膜厚依存性が示されており、図10には、Pr-Tb-Co合金単層膜における垂直磁気異方性K \perp の膜厚依存性が示されている。

【0068】図5と図9とを比較すれば、Pr-C合金膜にTbを添加することにより、単層膜において、垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ が増大することが分かる。

【0069】さらに、上記のようなPr-Tb-C合金膜を第1の磁性層4として積層させると、図7に示すように、多層膜2における垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ は、積層回数2～3回で極大値を示し、該極大値は、図9に示されている単層膜の垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ よりも大きい。しかし、多層膜2における垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ は積層回数4回以上で減少する傾向が見られるので、積層回数が6回以上となると、多層膜2における垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ は、単層膜の場合よりも小さくなる。

【0070】以上のように、本実施例に係る垂直磁気記録媒体においても、実施例1と同様に、第1の磁性層4および中間膜5を積層させることにより、第1の磁性層4を単層で使用する場合と比較して、垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ が増大する。これは、図8に示すように、実施例1の場合と同様、積層回数の増加に伴う垂直磁気異方性 K_{\perp} の増大に起因するものと考えられる。

【0071】一方、単層膜の場合、図10に示すように、垂直磁気異方性 K_{\perp} は膜厚に対してほとんど変化していないのに対し、図9に示すように、垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ は膜厚300Å付近で極大値約1300Oeであり、且つ、膜厚600Åでは約1000Oe、膜厚100Åでは膜厚600Åの場合よりも大きく減少して約700Oeとなっている。このように、Pr-Tb-C合金膜は、膜厚300Å程度としたときに垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ が最大となるので、積層回数2～3回の時（1層当たりの膜厚は200～300Å程度である。）に、多層膜2における垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ が極大値を示すものと考えられる。このことから、第1の磁性層4としてPr-Tb-C合金膜を用いる場合、十分な垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ を確保するためには、第1の磁性層4の1層の膜厚を100Å以上とすることが望ましいことがわかる。

【0072】なお、図8と図10との比較からわかるように、Pr-Tb-C合金膜の飽和磁化 M_s は、単層膜厚、積層回数のどちらに対してもほとんど変化しない。

【0073】以上のように、Pr-Tb-C合金膜を第1の磁性層4とし、Pt膜を中間膜5として、これら第1の磁性層4および中間膜5を積層化させることにより、他の特性（飽和磁化 M_s 等）を低下させることなく、垂直方向の高保持力 $H_{c\perp}$ を得ることができる。これにより、従来の結晶質媒体よりも熱的安定性に優れた、信頼性の高い、高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体を作成することができる。

【0074】〔実施例3〕本発明の第3の実施例について、図1、図11、および図12に基づいて説明すれば、以下のとおりである。尚、本実施例は、上述した実

施の形態1の、図1に示されている垂直磁気記録媒体をより具体的に説明したものである。

【0075】本実施例に係る垂直磁気記録媒体は、Pr-Tb-C合金膜からなる第1の磁性層4の1層の膜厚を100Å一定に保ち、中間膜5であるPt膜の膜厚を0～10Åと変化させること以外は、前記した実施例2の構成と同様である。なお、多層膜2全体の膜厚は600Å一定とした。

【0076】次に、本実施例における多層膜2における、飽和磁化 M_s および垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ のPt膜厚依存性を図11に示し、上記多層膜2における、垂直磁気異方性 K_{\perp} のPt膜厚依存性を図12に示す。

【0077】図11に示されているとおり、多層膜2における垂直方向の保持力 $H_{c\perp}$ は、Pt膜厚が6Å以下の領域では急激に増大し、逆に6Å以上では単調減少の傾向を示している。一方、飽和磁化 M_s はPt膜厚に対してほとんど変化しない。また、垂直磁気異方性 K_{\perp} は、Pt膜厚が6Å以下の領域では僅かに増加傾向にあるものの、6Å以上ではほぼ飽和している。

【0078】従って、Pt膜厚を6Å以下とすることにより、他の特性（飽和磁化 M_s 等）を低下させることなく、垂直方向の高保持力 $H_{c\perp}$ を得ることができる。これにより、従来の結晶質媒体よりも熱的安定性に優れた垂直磁気記録媒体を実現することができる。

【0079】なお、上記した各実施例では、第1の磁性層としてPr-C合金膜またはPr-Tb-C合金膜を用いたが、これらに限定されることはなく、希土類元素としてPr、Nd、Ce、およびSmのうち少なくとも一元素を含み、且つ遷移金属としてCoおよびFeの少なくとも一元素を含む、希土類-遷移金属非晶質膜の場合であれば、同様の効果を得ることができる。

【0080】また、上記各実施例においては、中間膜5として、非晶質のPt膜を使用したか、Pdを用いた場合でも同様の効果を得ることができる。

【0081】また、上記各実施例においては保護膜3としてTa膜を使用したか、炭素、アルミナ等の他の無機材料を使用してもよく、さらに、膜厚についても100Åに限定されることはない。

【0082】

【発明の効果】以上のように、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、基板と、上記基板上に設けられ、Nd、Pr、Ce、およびSmの希土類元素のうち少なくとも一元素を含み、且つCoおよびFeの遷移元素のうち少なくとも一元素を含む希土類-遷移金属非晶質膜からなる第1の磁性層、およびPtおよびPdのうち少なくとも一元素を含む中間膜を、複数回積層させた積層膜とを備えた構成である。

【0083】それゆえ、磁気記録媒体の熱的安定性の指標を求める際に用いられる活性化体積が、結晶粒径に支配されることはないので、記録密度を向上させながらも

活性化体積を大きく保つことができ、熱揺らぎの影響を受けにくい。従って、記録された磁化の時間的減衰が少なく、長時間安定して記録を保存することができ、また、結晶粒間の交換相互作用に起因する磁化の揺らぎも生じず、媒体ノイズも低減することができる。さらに、飽和磁化は大きい垂直方向の保磁力が小さい第1の磁性層を中間膜との積層構造とすることで、飽和磁化を低下させずに垂直方向の保磁力を増大させることができる。これにより、記録媒体の高飽和磁化および垂直方向の高保磁力を同時に実現して、熱揺らぎや磁化の揺らぎの影響が小さく、信頼性の低下が抑制された、高密度磁気記録が可能な垂直磁気記録媒体を実現することができるという効果を奏する。

【0084】さらに、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、上記の構成において、上記中間膜の膜厚が、6 Å以下である構成とすることが好ましい。

【0085】これにより、垂直方向の高保磁力を確実に実現して、熱揺らぎや磁化の揺らぎの影響が小さく、信頼性の低下が抑制された、高密度磁気記録が可能な垂直磁気記録媒体を確実に実現することができるという効果をさらに奏する。

【0086】さらに、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、上記の構成において、上記第1の磁性層が、Pr-C合金にTbを添加した希土類-遷移金属非晶質膜からなる構成とすることが好ましい。

【0087】それゆえ、単層膜において、Pr-C合金よりも、大きい垂直方向の保磁力を得ることができ、さらに、上述したように、中間膜と複数回積層させることで垂直方向の保磁力がさらに増大することになる。これにより、垂直方向の更なる高保磁力を実現して、熱揺らぎや磁化の揺らぎの影響が小さく、信頼性の低下が抑制された、高密度磁気記録が可能な垂直磁気記録媒体を確実に実現することができるという効果をさらに奏する。

【0088】さらに、本発明に係る垂直磁気記録媒体は、上記の構成において、上記基板と上記積層膜との間に、軟磁性層が設けられている構成とすることもできる。

【0089】それゆえ、リング型磁気ヘッドを用いた場合に、リング型磁気ヘッドの一方の磁極を出た磁束の一部が該軟磁性層を通り、リング型磁気ヘッドのもう一方の磁極が、軟磁性層を通ってきた磁束を上記垂直磁気記録媒体に対してほぼ垂直な方向で受け取ることができるので、記録層に急峻な磁化が与えられることになる。ま

た、上記のように設けられた軟磁性層は、2つめの磁極の役割を果たすので、単磁極ヘッドを用いて記録を行うことも可能となる。これにより、面内磁気記録媒体用の磁気ヘッドとして用いられているリング型磁気ヘッドを用いて垂直方向に急峻な記録を行うことや、また、単磁極ヘッドを用いて更なる高密度記録を達成することが可能となるという効果をさらに奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の構成を、概略的に示す断面図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態に係る垂直磁気記録媒体の構成を、概略的に示す断面図である。

【図3】本発明の第1の実施例に係る垂直磁気記録媒体において、多層膜の飽和磁化および多層膜の垂直方向の保持力と、積層回数との関係を示すグラフである。

【図4】上記垂直磁気記録媒体において、多層膜の垂直磁気異方性と積層回数との関係を示すグラフである。

【図5】Pr-C単層膜における飽和磁化および垂直方向の保持力と、膜厚との関係をそれぞれ示すグラフである。

【図6】Pr-C単層膜の垂直磁気異方性と膜厚との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の第2の実施例に係る垂直磁気記録媒体において、多層膜の飽和磁化および多層膜の垂直方向の保持力と、積層回数との関係を示すグラフである。

【図8】上記垂直磁気記録媒体において、多層膜の垂直磁気異方性と積層回数との関係を示すグラフである。

【図9】Pr-Tb-C単層膜における飽和磁化および垂直方向の保持力と、膜厚との関係をそれぞれ示すグラフである。

【図10】Pr-Tb-C単層膜の垂直磁気異方性と膜厚との関係を示すグラフである。

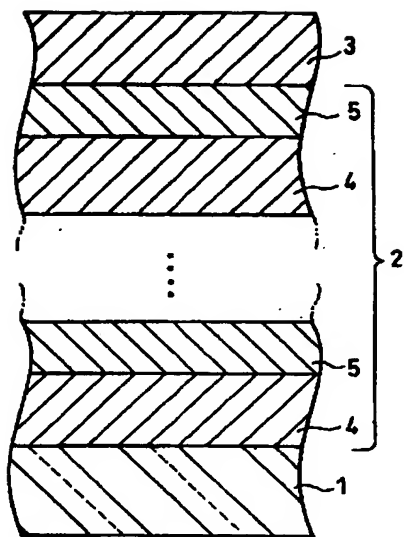
【図11】本発明の第3の実施例に係る垂直磁気記録媒体において、多層膜の飽和磁化および多層膜の垂直方向の保持力と、積層回数との関係を示すグラフである。

【図12】上記垂直磁気記録媒体において、多層膜の垂直磁気異方性と積層回数との関係を示すグラフである。

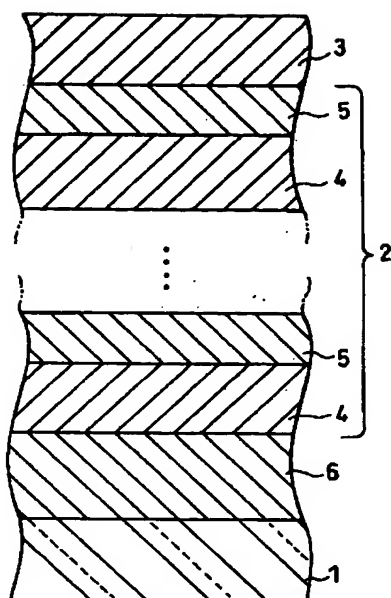
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 多層膜（積層膜）
- 4 第1の磁性層
- 5 中間膜
- 6 第2の磁性層（軟磁性層）

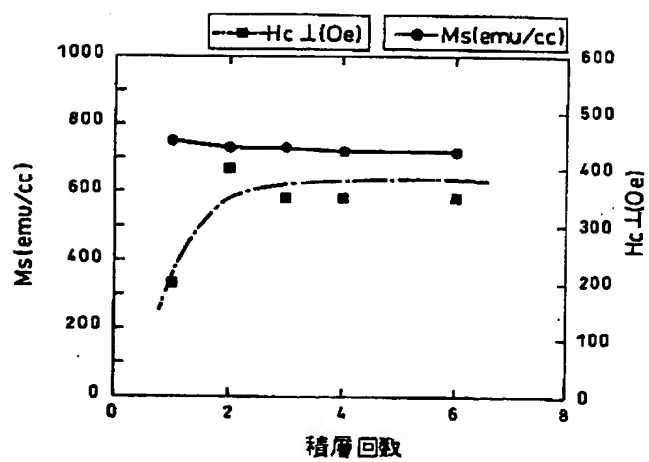
【図1】



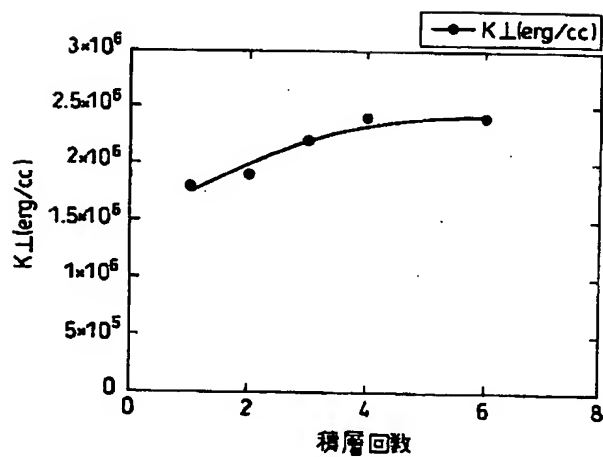
【図2】



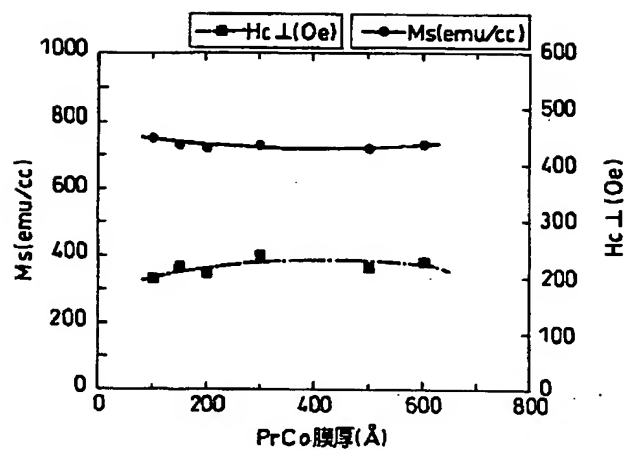
【図3】



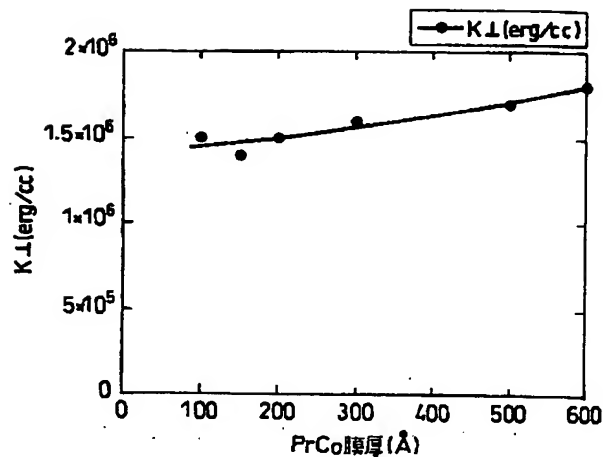
【図4】



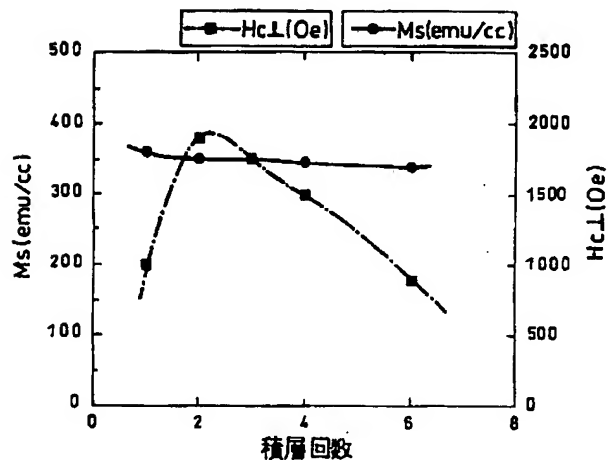
【図5】



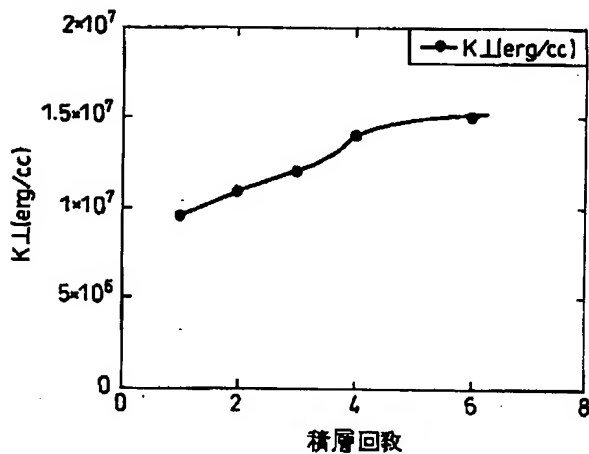
【図6】



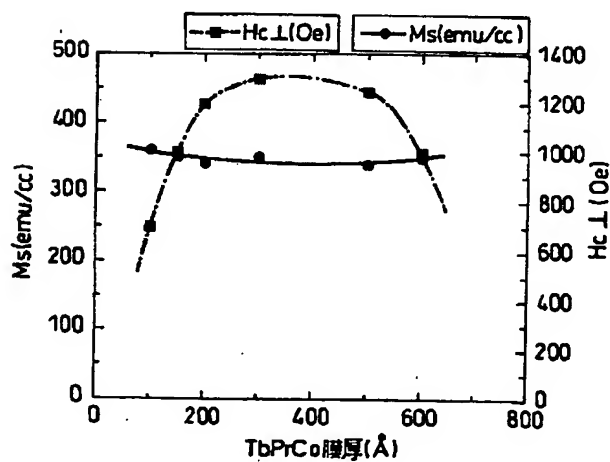
【図7】



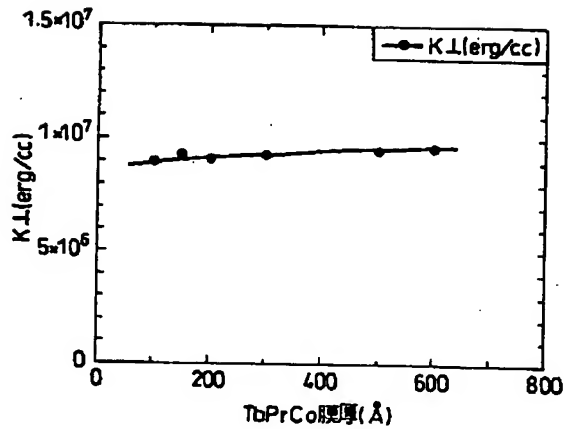
【図8】



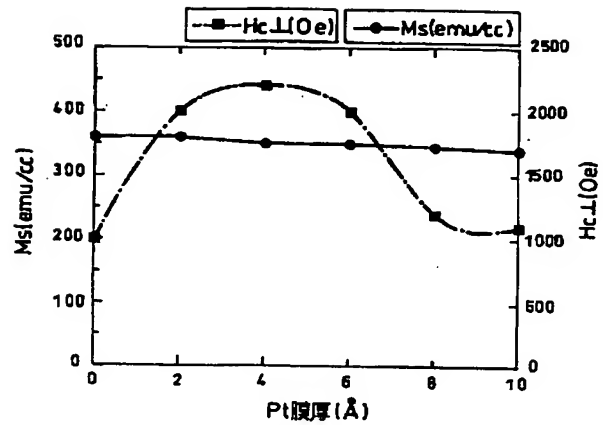
【図9】



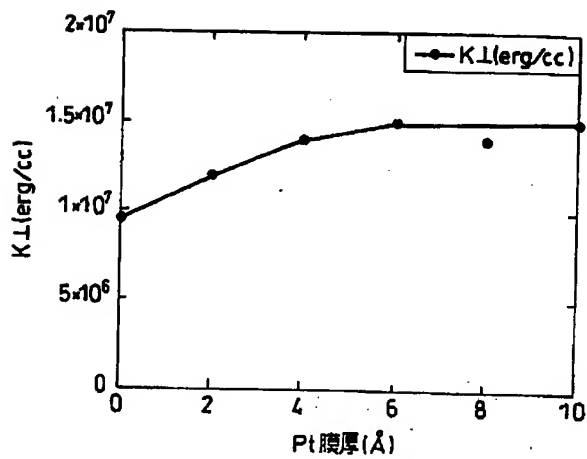
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72) 発明者 林 秀和
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB05 BB07 BB08 CA03
DA08 EA03